

PEMBUATAN PROTOTIP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) SISTEM *LINKAGE*

Rifki Fadhilah Ridwan, R. Priyoko Prayitnoadi^a, dan Budi Santoso Wibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Balunujuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33149

^{a)} email korespondensi: priyokopravitnoadi@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai pembuatan prototip Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) sistem *linkage* untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan gerakan gelombang laut sebagai sumber energi utama untuk menggerakkan prototip. Pada penelitian ini, metode penelitian yang dilakukan berupa membuat prototipe melalui proses manufaktur, kemudian mengetahui kinerja dari prototipe ini dengan mencari sudut maksimum dan minimum yang dapat dicapai lengan *linkage*, selanjutnya mencari berapa panjang gerak linier yang didapat ketika pinion berputar akibat kenaikan tuas pelampung. Pada penelitian ini bertujuan untuk memperlihatkan rancangan prototipe yang dibuat, mengetahui berapa sudut maksimum dan minimum yang dapat dicapai lengan *linkage* dan mengetahui hasil dimensi gerak linier pada *rack* akibat gerakan naik pada tuas pelampung. Pada pembuatan mekanisme PLTGL sistem *linkage* melalui proses manufaktur dimana komponen yang dibuat antara lain: poros, lengan gunting, lengan sambungan, tuas pelampung, plat sambungan, rangka, *fly-wheel*, dan *rack*. Sudut maksimum yang didapat pada lengan *linkage* adalah $40^{\circ} 30'$ (40 Derajat 30 Menit) pada batasan 1' (1 aksen) dan sudut minimum pada lengan *linkage* adalah $55^{\circ} 30'$ (55 Derajat 30 Menit) pada batasan 0' (0 aksen). Data yang didapat dari hasil pengujian jumlah langkah *rack* atau panjang gerak linier *rack* pada saat tuas pelampung dinaikan adalah ketika tuas dinaikan dengan ketinggian 90 mm maka jumlah gigi yang berputar adalah 17 gigi dengan panjang langkah *rack* yaitu 102 mm, dan untuk ketinggian 110 mm (diasumsikan mengabaikan *stuck*) jumlah gigi yang berputar adalah 22 gigi dengan panjang langkah *rack* yaitu 132 mm.

Kata Kunci: Pembangkit listrik tenaga gelombang laut, *linkage*, *rack gear*

PENDAHULUAN

Gelombang laut menjadialah satu sumber energi yang belum banyak dimanfaatkan. Padahal, energi gelombang laut tersedia melimpah selama 24 jam, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik agar memenuhi kebutuhan energi masyarakat khususnya di kepulauan, bahkan berkemungkinan menjadi salah satu sumber energi alternatif dunia di masa depan. Untuk mengatasi persoalan pasokan energi listrik dengan memanfaatkan energi dari gelombang laut, maka dibuatkanlah Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) untuk menghasilkan energi listrik tersebut. Ide-ide tersebut dituangkan dalam bentuk miniatur bertipe *linkage* seperti Gambar 2. Ide desain PLTGL ini dibuat oleh Tim PLTGL 2021 dengan mengacu kepada penelitian sebelumnya "Analisa PLTGL Menggunakan Sistem *Rack and Pinion*" (Nova, 2019), "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Menggunakan *System Rack Gear* dan *Link* Menggunakan *Solidworks*" (Ubed, 2019), dan "Analisa Putaran pada Mekanisme Rancangan PLTGL dengan Sistem *Circular Rack* dan *Pinion* Menggunakan *Solidworks*" (Ari, 2019). Tujuan penelitian ini adalah untuk memperlihatkan desain PLTGL ini secara riil dalam bentuk sebuah prototip untuk mengetahui bagaimana mekanisme dari desain ini secara riil sehingga dapat dianalisa dan dievaluasi lebih lanjut untuk menekan biaya ketika adanya *trial and error* pada desain ini jika nantinya akan diproduksi

secara massal, penelitian ini tidak memperhitungkan adanya kekuatan mekanika kekuatan material, tidak menjelaskan proses manufaktur dari sisi kebutuhan biaya, dan tahapan pada prototip ini hanya sampai *working model* saja yang dimana parameter yang diukur hanyalah fungsi, mekanisme dan kinerja setiap komponen prototipe, dan penelitian ini tidak membahas pengujian alat secara langsung ke lapangan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI online), prototip adalah model asli yang menjadi contoh. Bisa juga disebut sebagai contoh baku yang memiliki ciri khas. Dengan adanya prototip, kita bisa meminimalisir kesalahan dalam pengambilan keputusan. Jika terjadi masalah atau ketidaksesuaian dengan selera pasar, maka prototip akan dilakukan perbaikan. Jika ternyata ide atau konsep dapat diimplementasikan dan sesuai dengan kebutuhan pasar, maka akan dilakukan produksi massal.

METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan Data

a. Kepustakaan

Digunakan untuk menentukan acuan dasar teori yang dipakai dalam menyelesaikan pembahasan masalah

b. Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing agar mendapat solusi dari permasalahan tersebut serta penelitian yang dilakukan lebih terarah.

c. Internet

menambah literasi dan melengkapi apa yang sudah didapatkan melalui kepustakaan

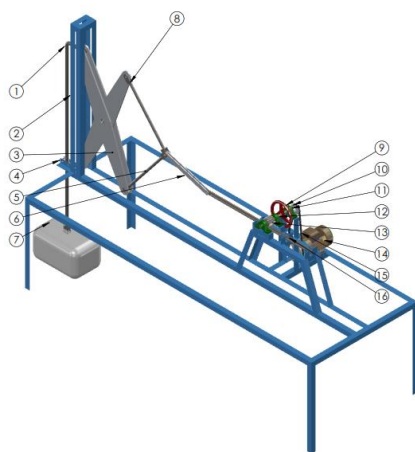
2. Perancangan PLTGL (Desain Produk)



Gambar 1. Miniatur desain PLTGL tipe *linkage*

Desain awal produk dirancang menggunakan aplikasi *solidwork*. Namun sebelum itu, desain produk telah dituangkan ke dalam bentuk miniatur berskala kecil.

Ide desain PLTGL ini (Pada gambar 2) dibuat oleh Tim PLTGL 2021 dengan mengacu kepada penelitian sebelumnya oleh Nova, Ubed dan Ari. Dari penelitian mereka penulis berinovasi untuk mencari alternatif desain lain yang dapat menjadi pembangkit listrik yang optimal.



Gambar 2. Desain Tim PLTGL 2021

3. Simulasi

Pada penelitian ini, desain yang akan disimulasikan adalah desain prototip (Gambar 4) yang telah difabrikasikan melalui proses manufaktur dengan skala 1:2 dari desain Tim PLTGL 2021 (dimana 1 adalah desain Tim PLTGL 2021 dan 2 adalah prototipe), simulasi yang akan dilakukan bertujuan untuk memperlihatkan mekanisme dari komponen prototipe ini apakah bekerja dengan baik dan menganalisis hal yang diperlukan untuk pengembangan desain ini untuk selanjutnya.

4. Pengujian Prototip

Pada tahap ini, prototipe akan diuji coba dengan menggerakkan tuas pelampung secara manual untuk melihat mekanisme dan fungsi dari setiap komponen yang ada pada prototipe. Dari sini dapat dianalisa apa saja kekurangan yang ada pada prototipe. Prototipe ini tidak dapat diuji coba untuk mendapatkan sebuah data berupa rpm maupun putaran yang dihasilkan. Hal ini disebabkan penelitian ini bertujuan hanya membuat prototipe untuk sebagai bahan diskusi Tim PLTGL 2021 sebelum prototipe ini dikembangkan lebih lanjut. Desain *solidworks* pada prototipe ini nantinya akan diuji

coba dengan menggerakkan tuas pelampung menggunakan mekanisme cam, dimana mekanisme inilah yang menterjemahkan sinusioda gelombang laut sesuai data dari BIG (Badan Informasi Geospasial). Pada penelitian ini, mekanisme tersebut tidak termasuk ke dalam penelitian ini, sehingga untuk menguji coba prototipe ini dapat dicari data berupa sudut maksimum dan minimum yang dapat dicapai lengan *linkage* ketika tuas pelampung dinaikan pada batasan-batasan tertentu, juga dapat dicari jumlah gigi putaran *pinion* akibat pergerakan tuas pelampung yang dinaikkan hingga jarak tertentu, nantinya didapatkanlah sebuah data berupa dimensi pergerakan linier dari prototipe ini.

5. Prosedur Pengujian Sudut Lengan *Linkage*

Tuas pelampung akan dinaikan pada setiap batasan tertentu pada (Gambar 11), pada setiap batasan tersebut sudut bagian atas lengan *linkage* diukur menggunakan *bevel protector*.



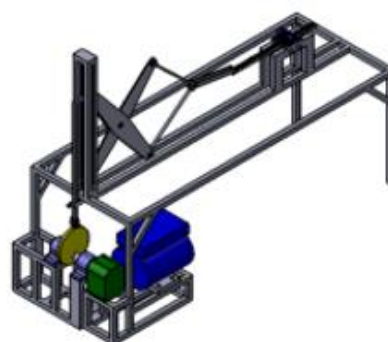
Gambar 3. Prosedur mencari sudut lengan *linkage*

Kemudian, setelah mendapatkan sudut tersebut. Dicari lah sudut A dan B menggunakan teknik sudut berseberangan. Dimana akan didapatkan data berupa sudut BV (Bevel) berseberangan luar dengan sudut A, dan sudut A berseberangan dalam dengan sudut B. Sehingga, Sudut BV (Bevel) = Sudut A, dan Sudut A = Sudut B.

7. Prosedur Pengujian Dimensi Gerak Linier pada Rack Akibat Pergerakan Tuas Pelampung.

Tuas pelampung akan dinaikan pada setiap batasan tertentu (Gambar 11), banyaknya jumlah gigi yang berputar pada pinion dilihat secara manual ketika tuas pelampung dinaikan pada batasan tertentu tersebut. Setelah mendapatkan berapa jumlah gigi yang berputar pada pinion tersebut, dihitunglah menggunakan rumus untuk mendapatkan seberapa jauh gerak linier dari rack ketika tuas pelampung dinaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Prototip Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Sistem *Linkage*

Gambar 4. Desain Prototip PLTGL Sistem *Linkage*



Gambar 5. Prototip PLTGL Sistem Linkage

Tabel 1. Bill of Material Prototip

| No | Jumlah | Nama Komponen | Material | Keterangan |
|----|--------|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | Lengan Gelombang | Stainless Steel | Pipa |
| 2 | 1 | Rangka | Iron | Besi Siku 40x40x4 mm |
| 3 | 3 | Lengan Gunting | Stainless Steel | Plat 500x50 mm |
| 4 | 7 | Bearing | Cast Steel | 6201 dan 6001 |
| 5 | 1 | Lengan sambungan atas dan bawah | Stainless Steel and iron | Pipa Stainless steel dan plat besi |
| 6 | 1 | Sambungan Rack | Iron | Plat besi |
| 9 | 1 | Velg ban | Steel | Modifikasi freehub |
| 11 | 3 | Block Bearing | Cast Steel and Steel | HK1512 |
| 12 | 1 | Poros Utama | Stainless Steel | D = 19 mm |
| 13 | 1 | Pinion | Steel | Z19, M2, D=43mm |
| 16 | 1 | Rack | Cast Iron | 400 mm, M2, T=14mm, L=18mm |

2. Mekanisme Prototip

a) Mekanisme Tuas Pelampung

Mekanisme gerakan tuas pelampung ini bergerak naik dan turun sesuai sinusioida gelombang (namun dalam penelitian ini digerakkan menggunakan sistem cam). Tuas inilah yang terhubung dengan mekanisme lengan *linkage* yang menjadi komponen utama pada prototip ini



Gambar 6. Mekanisme tuas pelampung

b) Mekanisme Lengan Linkage

Mekanisme ini adalah mekanisme utama dalam pembuatan prototip ini, yaitu sistem linkage. Gerakan lengan gunting akan menggerakkan lengan sambungan, kemudian lengan sambungan ini akan menarik dan mendorong sambungan plat besi yang telah disambungkan ke rack, yang nantinya mekanisme ini akan

membuat rack bergerak maju dan mundur dan menggerakkan pinion.



Gambar 7. Mekanisme lengan linkage

Gerakan maju mundur tadi diubah menjadi gerakan rotasi yang dihasilkan pinion ke poros utama.

c) Mekanisme Poros utama

Gerakan pada mekanisme ini berupa rotasi bolak balik pada pinion dan poros utama yang dihasilkan dari gerakan maju mundur pada mekanisme lengan linkage yang menggerakkan rack.



Gambar 8. Mekanisme poros utama

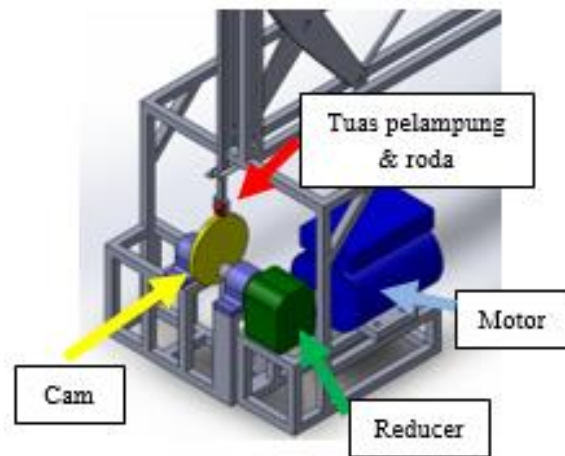
Velg ban yang berputar searah akan meneruskan putaran tersebut menggunakan poros yang disambungkan, yang nantinya putaran tersebut akan diteruskan lagi untuk memutar pulley (dalam penelitian ini pulley, dinamo dan komponen pendukungnya diabaikan).



Gambar 9. Poros penerus putaran ke pulley

d) Mekanisme Cam

Mekanisme ini digunakan sebagai penggerak utama prototip ini, karena prototip ini tidak memungkinkan untuk diuji coba langsung di laut lepas. Fungsi cam disini adalah sebagai penterjemah gerakan sinusioida gelombang laut, cam ini nantinya memiliki beberapa tipe mengikuti tipikal gelombang laut yang ada di bangka belitung. Pada penelitian ini, mekanisme ini tidak diteliti oleh penulis secara langsung, sehingga penulis hanya memberikan gambaran berupa desain yang nantinya akan dikerjakan oleh peneliti selanjutnya.

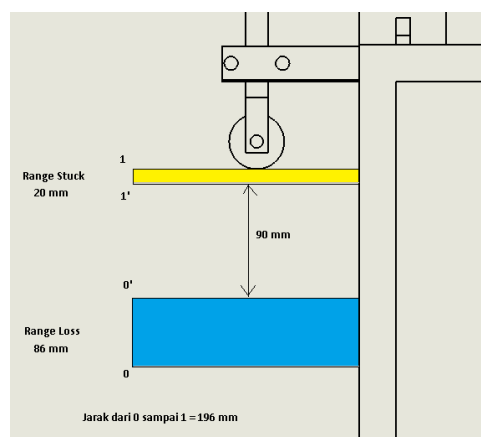


Gambar 10. Mekanisme Cam

e) *Stuck* dan *Loss* pada mekanisme prototipe

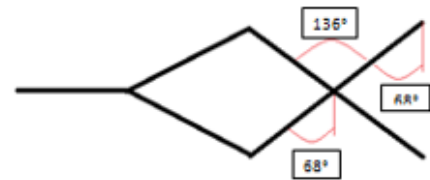
Stuck yang terjadi pada mekanisme prototipe ini yaitu ketika *rack* ditarik penuh atau tuas pelampung naik keatas, dapat menyebabkan *rack* tidak dapat terdorong secara alami atau tuas pelampung tidak dapat turun secara alami. Hal ini disebabkan karena adanya alur *bearing* yang lebih dalam pada ujung *rack*, yang menyebabkan *bearing* tersangkut pada alur tersebut. Solusinya hanya dengan tidak menaikkan tuas pelampung hingga sampai ke ujung (pada angka 1, lihat gambar 11) agar *rack* dan tuas pelampung dapat bergerak secara normal (tanpa adanya *delay* saat turun atau bahkan *stuck*).

Loss yang terjadi pada mekanisme prototip ini yaitu tidak adanya pergerakan *rack* ketika tuas pelampung dinaikkan pada jarak tertentu (pada *range loss*, lihat gambar 15). *Rack* akan bergerak ketika tuas pelampung dinaikkan hingga batasan 0' (lihat gambar 11). Hal ini disebabkan adanya keterkaitan dengan plat sambungan yang menjadi vertikal, sehingga ketika tuas pelampung dinaikkan, lengan sambungan hanya menarik plat sambungan tanpa menarik *rack*.

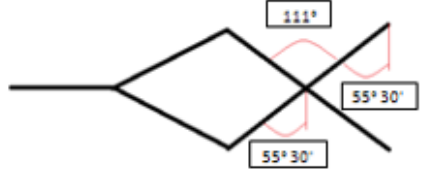
Gambar 11. *Stuck* dan *Loss*3. Sudut Maksimum dan Minimum pada Lengan *Linkage*

Sudut ini didapat dari pengambilan data langsung pada prototipe, data yang didapat mengacu pada setiap batasan-batasan pada Gambar 11. sehingga didapatkan lah data sebagai berikut :

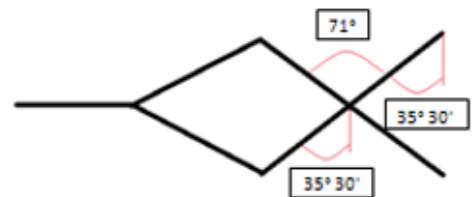
1. Sudut pada batasan 0



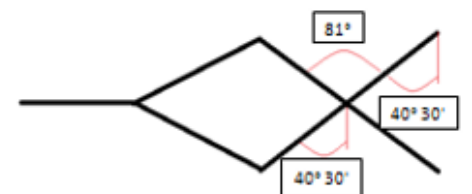
2. Sudut pada batasan 0'



3. Sudut pada batasan 1



4. Sudut pada batasan 1'



Gambar 12. Sudut pada Setiap Batasan

Dari Hasil diatas, dibuatlah dalam tabel 2, sebagai berikut :

Tabel 2. Sudut pada setiap batasan

| No | Batasan Tuas Dinaikan | Sudut |
|----|-----------------------|---------|
| 1 | 0 | 68° |
| 2 | 0' | 55° 30' |
| 3 | 1 | 35° 30' |
| 4 | 1' | 40° 30' |

Dari data tersebut, didapat sudut maksimum pada lengan linkage adalah 40° 30' (Dibaca 40 Derajat 30 Menit) pada batasan 1' dan sudut minimum pada lengan linkage adalah 55° 30' pada batasan 0'. Keterangan : 1° = 60'.

4. Dimensi Gerak Linier pada *Rack* Akibat Pergerakan Tuas Pelampung

Pada dimensi gerak linier *rack* akibat gerakan naik tuas pelampung ini didapatkanlah hasil berupa banyaknya gerakan gigi ketika tuas dinaikkan, kemudian didapatkanlah hasil berupa panjang langkah *rack* dengan menghitung kisar *rack* pada prototipe ini. Prototipe ini tidak bisa diuji coba secara detil, karena meninjau dari tujuan prototipe ini yaitu menjadikan prototipe ini sebagai bahan diskusi untuk pengembangan desain ini kedepannya.

Namun, prototipe ini hanya bisa dihitung berapa jumlah gigi *pinion* berputar ketika tuas dinaikkan dan berapa panjang langkah *rack* dengan menghitung kisar *rack* pada prototipe. Maka didapatkan lah hasilnya sebagai berikut:

Diketahui :

Jumlah gigi pinion prototipe : 19 gigi

Kisar rack prototipe : 6 mm

Perhitungan ini dilakukan dengan meninjau adanya *stuck* dan *loss* pada prototipe, sehingga dikatakan bahwa range maksimum pergerakan tuas pelampung adalah dari garis 0' sampai dengan 1' (Lihat gambar 11). Untuk menghitung panjang langkah rack yaitu sebagai berikut :

1. Pada ketinggian tuas pelampung dinaikan 90 mm (dari garis 0' - 1') :

Panjang langkah rack = Jumlah gigi x kisar rack
= 17 gigi x 6 mm
= 102 mm

2. Pada ketinggian tuas pelampung dinaikan 110 mm (dari garis 0' - 1, jika mengabaikan *stuck*)

Panjang langkah rack = Jumlah gigi x kisar rack
= 22 gigi x 6 mm
= 132 mm

Dari data diatas dapat disajikan dalam bentuk tabel

Tabel 3. Hasil Dimensi gerak linier pada rack akibat pergerakan tuas pelampung

| No | Tinggi Tuas Dinaikan | Jumlah Gigi | Panjang Langkah |
|----|----------------------|-------------|-----------------|
| 1 | 90 mm | 17 | 102 mm |
| 2 | 110 mm | 22 | 132 mm |

KESIMPULAN

Adapun hasil dari penelitian ini didapatkanlah kesimpulan antara lain :

1. Pada pembuatan mekanisme PLTGL sistem *linkage* melalui proses manufaktur dimana komponen yang dibuat antara lain: poros, lengan gunting, lengan sambungan, tuas pelampung, plat sambungan, rangka, *fly-wheel*, dan rack gear and pinion.
2. Dari hasil pada tabel 2 dapat disimpulkan bahwa pada batasan 0 sudut yang dicapai yaitu sebesar 68°, pada batasan 0' sudut yang dicapai yaitu 55° 30' (Dibaca 55 Derajat 30 Menit), pada batasan 1 sudut yang dicapai yaitu 35° 30' dan pada batasan 1' sudut yang dicapai yaitu 40° 30'. Dari data tersebut, didapatlah bahwa sudut maksimum pada lengan *linkage* adalah 40° 30' pada batasan 1' dan sudut minimum pada lengan *linkage* adalah 55° 30' pada batasan 0'.

3. Dari hasil pada tabel 3 dapat disimpulkan bahwa pada prototipe penelitian ini saat tuas dinaikan dengan ketinggian 90 mm maka jumlah gigi yang berputar adalah 17 gigi dengan panjang langkah rack yaitu 102 mm, dan untuk ketinggian 110 mm (diasumsikan mengabaikan *stuck*) jumlah gigi yang berputar adalah 22 gigi dengan panjang langkah rack yaitu 132 mm.

4. Prototipe ini tidak bisa dilakukan pengujian ke lapangan secara langsung (diuji menggunakan gelombang laut). Hal ini dikarenakan beberapa faktor salah satunya yaitu sinusioda gelombang laut tidak selalu stabil sedangkan pada prototipe memiliki kekurangan dengan adanya *stuck and loss*, jikagelombang terlalu tinggi dari batasan gerak efektif (batasan 0'-1') prototipe maka akan menyebabkan *stuck* pada prototipe. Sebaliknya, jika gelombang terlalu rendah dari batasan gerak efektif prototipe maka akan terjadi *loss*, dimanatidak ada gaya dorong yang terjadi pada rack gear yang seharusnya memutar poros utama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung yang telah membantu proses pelaksanaan penelitian pembuatan prototip dan kepada Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung atas pembiayaan publikasi artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Lestari, M. (2021). *Proses Pembuatan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Mesin 3D Printing*. Balunujuk: Universitas Bangka Belitung.
- Purnomo, D. (2017). Model Prototyping Pad Pengembangan Sistem informasi. *Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 2-3.
- Segara, B. (2020). *Analisa variasi sudut potong pahat proses pembubutan terhadap kekasaran dan kekerasan bahan AISI 1045 dengan menggunakan media pendingin dromus*. Palembang: Universitas Tridinanti Palembang.
- Tim dosen laboratorium proses manufaktur program studi teknik industri. (2009). *Buku Ajar Proses Manufaktur*. Surabaya: Universitas Wijaya Putra.
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Purwarupa>. (Diakses pada tanggal 16 Juli 2021)